

# Arbidol: A quarter-century after. Past, present and future of the original Russian antiviral

Kazan Federal University, 420008, Kremlevskaya 18, Kazan, Russia

---

## Abstract

© 2018 Uspekhi Khimii, Russian Academy of Sciences and Turpion Ltd. The present review is concerned with the synthesis and structure-activity relationship studies of Arbidol and its structural analogues. The latter are roughly divided into several unequal parts: indole- and benzofuran-based compounds, benzimidazole and imidazopyridine bioisosteres and ring-expanded quinoline derivatives. Much attention is focused on various types of antiviral activity of the above-mentioned Arbidol congeners, as well as of the parent compound itself. Features of Arbidol synthesis and metabolic changes are also discussed.

<http://dx.doi.org/10.1070/RCR4791>

---

## References

- [1] V. I. Petrov, I. A. Leneva, S. V. Nedogoda. *Lech. Vrach.*, 1, 71 (2011)
- [2] J. W. Schoggins, G. Randall. *Cell Host Microbe*, 14, 379 (2013)
- [3] Patent SU 1685933 (1991)
- [4] F. A. Trofimov, N. G. Tsyshkova, S. A. Zotova, A. N. Grinev. *Pharm. Chem. J.*, 27, 70 (1993)
- [5] M. V. Rubtsov, A. G. Baichikov. *Synthetic Chemical and Pharmaceutical Preparations. (Handbook)*. (Moscow; Medicine, 1971)
- [6] F. Zhai, J. Ma, Z. Li, Q. Qu, J. He. *Appl. Chem. Ind.*, 1, 110 (2013)
- [7] H. Zhao, J. Dietrich. *Expert Opin. Drug Discovery*, 10, 781 (2015)
- [8] F. A. Trofimov, N. G. Tsyshkova, A. N. Grinev, K. S. Shadurskii. *Pharm. Chem. J.*, 11, 25 (1969)
- [9] Patent USSR 245783 (1969)
- [10] R. G. Glushkov. *Drugs Future*, 17, 1079 (1992)
- [11] J. Blaising, S. J. Polyak, E.-I. Pécheur. *Antivir. Res.*, 107, 84 (2014)
- [12] R. G. Glushkov, T. A. Gus'kova. *Pharm. Chem. J.*, 33, 115 (1999)
- [13] Yu. S. Boriskin, E.-I. Pecheur, S. J. Polyak. *Virol. J.*, 3, 56 (2006)
- [14] Patent RU 2255086 (2005)
- [15] L. Chen, X. Yu, M. Li, Y. Li, C. Peng, X. Li, Z. Zhou. *J. Wuhan Inst. Tech.*, 34, 42 (2012)
- [16] D. S. Silin, O. V. Lyubomska, F. I. Ershov, V. M. Frolov, G. A. Kutsyna. *Curr. Pharm. Des.*, 15, 1238 (2009)
- [17] M. D. Mashkovskiy. *Medicinal Preparations*. (Moscow: New Wave, 2016)
- [18] S. Oliynyk, S.-K. Oh. *Biomol. Ther. (Seoul)*, 20, 446 (2012)
- [19] O. S. Anisimova, L. V. Frolova, V. V. Chistyakov, I. A. Ermachenkov, I. V. Golovanova, S. A. Zotova, A. P. Pleshkova, V. A. Yadrovskaya, Yu. N. Sheinker. *Pharm. Chem. J.*, 29, 78 (1995)
- [20] V. V. Chistyakov. *Doctoral Theses in Pharmaceutical Chemistry*, Moscow State University, Moscow, 2004
- [21] Z. Li, J. Ma, F. Zhai, K. Song. *CAJ*, 28, 32 (2013)
- [22] Y. Ren, Y. Yu. *Qilu. Pharm. Affairs*, 28, 148 (2009)
- [23] Y. Wang, X. Chen, Q. Li, D. Zhong. *J. Mass Spectr.*, 43, 1099 (2008)

- [24] P. Deng, D. Zhong, K. Yu, Y. Zhang, T. Wang, X. Chen. *Antimicrob. Agents Chemother.*, 57, 1743 (2013)
- [25] Y. Song, Y. Meng, D. Liu. *J. Shenyang Inst. Chem. Tech.*, 20, 92 (2006)
- [26] Patent US 5198552A (1993)
- [27] Y. Song, Y. Zhao, P. Gong. *Chin. J. New Drugs*, 13, 335 (2004)
- [28] Patent CN 102351778A (2012)
- [29] S. A. Monti. *J. Org. Chem.*, 31, 2669 (1966)
- [30] V. G. Granik, V. M. Lyubchanskaya, T. I. Mukhanova. *Pharm. Chem. J.*, 27, 413 (1993)
- [31] M. G. Banwell, M. T. Jones, D. T. J. Loong, D. W. Lupton, D. M. Pinkerton, J. K. Ray, A. C. Willis. *Tetrahedron*, 66, 9252 (2010)
- [32] H. H. Hodgson, F. H. Moore. *J. Chem. Soc.*, 127, 1599 (1925)
- [33] H. H. Hodgson, F. H. Moore. *J. Chem. Soc.*, 630 (1927)
- [34] Z. Tetere, V. Kumpis, S. Belyakov, D. Zicane, M. Turks. *J. Het. Chem.*, 48, 724 (2011)
- [35] G. N. Krasovskii, T. S. Dergacheva, N. A. Egorova, T. V. Alekseeva, M. G. Antonova, L. N. Andreeva, O. N. Potapova, A. S. Spasskii, V. N. Kazachkov. *Gig. Sanit.*, 1, 7 (1994)
- [36] R. A. Dubinskii, I. Yu Krivtsova, N. B. Grigoriev, E. V. Degterev, L. D. Filimonova, M. A. Kalinkina. *Pharm. Chem. J.*, 28, 942 (1994)
- [37] Y.-Z. Wen, Z.-W. Gao, W.-L. Wei, C.-M. Zhi, Q. Wang. *Chin. J. Pharm.*, 37, 862 (2006)
- [38] F. Zhai, J. Ma, B. Hu. *Appl. Chem. Ind.*, 42 (6), 1068 (2013)
- [39] S. L. Schreiber. *Science*, 287 (5460), 1964 (2000)
- [40] M. D. Burke, S. L. Schreiber. *Angew. Chem.*, 43, 46 (2004)
- [41] C. Zhao, Y. Zhao, H. Chai, P. Gong. *Chem. Res. Chinese U.*, 22, 577 (2006)
- [42] J. Ma, F. Zhai, Q. Qu, Z. Li. *Appl. Chem. Ind.*, 42 (8), 1482 (2013)
- [43] J. Xie, Z. Jiang, J. Chen. *Chem. Prod. Tech.*, 14 (4), 38 (2007)
- [44] C. Zhao, Y. Zhao, H. Chai, P. Gong. *Bioorg. Med. Chem.*, 14, 2552 (2006)
- [45] E.-M. Karg, S. Luderer, C. Pergola, U. Buehring, A. Rossi, H. Northoff, L. Sautebin, R. Troschuetz, O. Werz. *J. Med. Chem.*, 52, 3474 (2009)
- [46] Patent WO 2007/120079A2 (2007)
- [47] Patent CN 1687033A
- [48] M. R. Bell, R. Oesterlin, A. L. Beyler, H. R. Harding, G. O. Potts. *J. Med. Chem.*, 10, 264 (1967)
- [49] H. Chai, X. Lang, L. Li, C. Zhao, P. Gong, Z. Liang, W. Zhu, H. Jiang, C. Luo. *J. Mol. Model.*, 17, 1831 (2011)
- [50] H. Chai, Y. Zhao, C. Zhao, P. Gong. *Bioorg. Med. Chem.*, 14, 911 (2006)
- [51] Patent WO 2005/087729 (2006)
- [52] D. Wang, Y. Zhao, L. Xi, L. Fang, P. Gong. *Chin. J. Med. Chem.*, 13 (4), 200 (2003)
- [53] A. V. Ivashchenko, P. M. Yamanushkin, O. D. Mit'kin, V. M. Kisil, O. M. Korzinov, V. Yu Vedenskii, I. A. Leneva, E. A. Bulanova, V. V. Bychko, I. M. Okun. *Pharm. Chem. J.*, 47, 636 (2014)
- [54] P. Song, J. Zhao, G. Li. *Chin. J. Synth. Chem.*, 20 (2), 193 (2012)
- [55] P. Song, J. Zhao, G. Li. *Chem. Bioengineering*, 28 (8), 57 (2011)
- [56] K. Zhang, P. Gong. *Fine Specialty Chem.*, 15 (13), 14 (2007)
- [57] M. Scuotto, R. Abdelnabi, S. Collarile, C. Schiraldi, L. Delang, A. Massa, S. Ferla, A. Brancale, P. Leyssen, J. Neyts, R. Filosa. *Bioorg. Med. Chem.*, 25, 327 (2017)
- [58] A. V. Ivachtchenko, P. M. Yamanushkin, O. D. Mit'kin, V. M. Kisil, O. M. Korzinov, V. Yu Vedenskii, I. A. Leneva, E. A. Bulanova, V. V. Bichko, I. M. Okun', A. A. Ivashchenko, Ya. A. Ivanenkov. *Pharm. Chem. J.*, 49, 151 (2015)
- [59] A. Peduto, F. Bruno, F. Dehm, V. Krauth, P. de Caprariis, C. Weinigel, D. Barz, A. Massa, M. De Rossa, O. Werz, R. Filosa. *Eur. J. Med. Chem.*, 81, 492 (2014)
- [60] D. Wang, X. Wu, P. Gong. *Chin. J. Pharmaceut.*, 35 (8), 457 (2004)
- [61] D. Zhang, L. Zhang, Z. Zhang, Y. Meng, Y. Wang. *Fine Chem. Intermediates*, 41 (2), 45 (2011)
- [62] C. Gao, F. Liu, Y. Zhang, D. Yu. *Chem. Reagents*, 32 (4), 380 (2010)
- [63] Y. Zhao, W. Hong, H. Chai, J. Dong, P. Gong. *Chin. J. Med. Chem.*, 14 (4), 219 (2004)
- [64] A. Di Mola, A. Peduto, A. La Gatta, L. Delang, B. Pastorino, J. Neyts, P. Leyssen, M. de Rosa, R. Filosa. *Bioorg. Med. Chem.*, 22, 6014 (2014)
- [65] A. V. Ivachtchenko, P. M. Yamanushkin, O. D. Mitkin, O. O. Kiselev. *Mendeleev Commun.*, 20, 111 (2010)
- [66] F. A. Trofimov, N. G. Tsyshkova, A. N. Grinev. *Chem. Heterocycl. Comp.*, 3, 308 (1973)

- [67] S. A. Zotova, T. M. Korneeva, V. I. Shvedov, N. I. Fadeeva, I. A. Leneva, I. T. Fedyakina, M. L. Khristova, I. S. Nikolaeva, V. V. Peters, T. A. Gus'kova. *Pharm. Chem. J.*, 29, 57 (1995)
- [68] M. V. Mezentseva, I. S. Nikolaeva, E. G. Golovanova, L. Yu. Krylova, A. N. Fomina. *Pharm. Chem. J.*, 25 (5), 302 (1991)
- [69] M. V. Mezentseva, I. S. Nikolaeva, E. G. Golovanova, A. N. Fomina. *Pharm. Chem. J.*, 24 (10), 749 (1990)
- [70] A. V. Ivashchenko, P. M. Yamanushkin, O. D. Mit'kin, V. M. Kasil', O. M. Korzinov, V. Yu Vedenskii, I. A. Leneva, E. A. Bulanov, V. V. Bychko, I. M. Okun, A. A. Ivashchenko, Ya A. Ivanenkov. *Pharm. Chem. J.*, 48, 569 (2014)
- [71] Patent US 4874759 (1958)
- [72] R. G. Joshi, G. S. Gadaginamath, B. G. Pujar. *J. Ind. Chem. Soc.*, 71 (4), 175 (1994)
- [73] I. A. Novakov, M. Artico, A. Mai, D. Rotili, B. S. Orlinson, L. L. Brunilina, M. B. Nawrozkij. *Rus. Chem. Bull.*, 61, 1399 (2012)
- [74] A. N. Grinev, S. V. Latypova, M. D. Mashkovskii, E. K. Panisheva, V. I. Shvedov. *Pharm. Chem. J.*, 4, 183 (1967)
- [75] Patent US 2852527 (1958)
- [76] Z. V. F. Wright, N. C. Wu, R. U Kadam, I. A. Wilson, D. W. Wolan. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 27, 3744 (2017)
- [77] A. Paredes, T. de C. Lourenco, M. Marzal, A. Rivera, P. Dorny, S. Mahanty, C. Guerra-Giraldez, H. H. Garcia, T. E. Nash, Q. B. Cass. *Antimicrob. Agents Chemother.*, 57, 944 (2013)
- [78] P. Erlandsson, R. Isaksson, P. Lorentzon, P. Lindberg. *J. Chromatogr.*, 532, 305 (1990)
- [79] Z. Liu, Y. Peng, B. Ma, K. Bi, Y. Liu, G. Sun, Y. Guo. *Int. J. Pharm.*, 461, 514 (2014)
- [80] R. P. Sheridan. *J. Chem. Inf. Comput. Sci.*, 42, 103 (2002)
- [81] Patent WO 2009/146696A1 (2009)
- [82] Patent CN 104193669B. (2016)
- [83] V. S. Velezheva, A. G. Kornienko, S. V. Topilin, A. D. Turashev, A. S. Peregudov, P. J. Brennan. *J. Het. Chem.*, 43, 873 (2006)
- [84] J. M. Pawlak, V. V. Khau, D. R. Hutchison, M. J. Martinelli. *J. Org. Chem.*, 61, 9055 (1996)
- [85] J. Balzarini, E. A. Ruchko, E. K. Zakharova, I. Yu Kameneva, M. B. Nawrozkij. *Chem. Heterocycl. Compd.*, 50, 489 (2014)
- [86] D. Schols, E. A. Ruchko, S. N. Lavrenov, V. V. Kachala, M. B. Nawrozkij, A. S. Babushkin. *Chem. Heterocycl. Compd.*, 51 (12), 978 (2015)
- [87] G. R. Allen Jr. *Org. React.*, 20, 337 (2011)
- [88] U. Kucklander. *Arch. Pharm.*, 310, 385 (1977)
- [89] U. Kucklander. *Arch. Pharm.*, 304, 602 (1971)
- [90] U. Kucklander. *Tetrahedron* 28, 5251 (1972)
- [91] A. Peduto, V. Krauth, S. Collarie, F. Dehm, M. Ambruosi, C. Belardo, F. Guida, A. Massa, V. Esposito, S. Maione, M. de Rosa, O. Werz, R. Filosa. *Eur. J. Med. Chem.*, 108, 466 (2016)
- [92] V. I. Shvedov, G. N. Kurilo, A. N. Grinev. *Chem. Het. Comp.*, 8 (8), 974 (1972)
- [93] V. I. Shvedov, G. N. Kurilo, A. N. Grinev. *Chem. Het. Comp.*, 7 (2), 190 (1971)
- [94] J. Landwehr, S. George, E.-M. Karg, D. Poeckel, D. Steinhilber, R. Troschuetz, O. Werz. *J. Med. Chem.*, 49, 4327 (2006)
- [95] A. N. Grinev, E. K. Panisheva, A. A. Cherkasova, A. N. Fomina, I. S. Nikolaeva, E. A. Golovanova, M. G. Il'ina. *Pharm. Chem. J.*, 21, 48 (1987)
- [96] N. I. Fadeeva, E. K. Panisheva, A. N. Fomina, I. T. Fedyakina, I. S. Nikolaeva, N. I. Mikerova, G. Ya. Tikhomirova, A. A. Cherkasova, V. G. Granik. *Pharm. Chem. J.*, 25, 394 (1991)
- [97] Patent US 2011/0065919A1 (2011)
- [98] X. Zhai, Y. Fang, X. Leng, C. Ma, L. Zeng, P. Gong. *Chin. J. Med. Chem.*, 18 (4), 254 (2008)
- [99] A. V. Ivashchenko, P. M. Yamanushkin, O. D. Mit'kin, I. A. Leneva, I. T. Fedyakina. *Pharm. Chem. J.*, 45, 261 (2011)
- [100] G. Sellitto, A. Faruolo, P. de Caprariis, S. Altamura, G. Paonessa, G. Ciliberto. *Bioorg. Med. Chem.*, 18, 6143 (2010)
- [101] R. U. Kadam, I. A. Wilson. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 114, 206 (2017)
- [102] V. Brancato, A. Peduto, S. Wharton, S. Martin, V. More, A. Di Mola, A. Massa, B. Perfetto, G. Donnarumma, C. Schiraldi, M. A. Tufano, M. de Rosa, R. Filosa, A. Hay. *Antivir. Res.*, 99, 125 (2013)
- [103] D. Wang, D. S. Yu, F. Qin, L. Fang, P. Gong. *Chin. Chem. Lett.*, 15 (1), 19 (2004)
- [104] Y. F. Zhao, J. H. Dong, P. Gong. *Chin. Chem. Lett.*, 15 (9), 1039 (2004)
- [105] N. I. Fadeeva, I. L. Leneva, E. K. Panisheva, T. L. Busse, M. L. Khristova, I. G. Kharitononkov, V. G. Granik. *Pharm. Chem. J.*, 26 (9-10), 676 (1992)

- [106] A. V. Ivashchenko, P. M. Yamanushkin, O. D. Mit'kin, O. M. Korzinov, N. A. Shevkun, R. N. Karapetyan, A. A. Ivashchenko. *Exp. Clin. Pharm.*, 77, 33 (2014)
- [107] P. H. Olesen. *Curr. Opin. Drug Disc. Dev.*, 4, 471 (2001)
- [108] P. V. Karpov, I. I. Baskin, N. I. Zhokhova, M. B. Nawrozkij, A. N. Zefirov, A. S. Yablokov, I. A. Novakov, N. S. Zefirov. *Rus. Chem. Bull.*, 60, 2418 (2011)
- [109] J. Blaising, P. L. Levy, S. J. Polyak, M. Stanifer, S. Boulant, E.-I. Pecheur. *Antivir. Res.*, 100, 215 (2013)
- [110] R. Gasparini, D. Amicizia, P. L. Lai, N. L. Bragazzi, D. Panatto. *J. Prev. Med. Hyg.*, 55 (3), 69 (2014)
- [111] I. Delogu, B. Pastorino, C. Baronti, A. Nougairede, E. Bonnet, X. de Lamballerie. *Antivir. Res.*, 90, 99 (2011)
- [112] E. F. da Silva-Junior, G. O. Leoncini, E. E. S. Rodrigues, T. M. de Aquino, J. X. de Araujo-Junior. *Bioorg. Med. Chem.*, 25, 4219 (2017)
- [113] R. Abdelnabi, J. Neyts, L. Delang. *Antivir. Res.*, 121, 59 (2015)
- [114] N. Liu, F. Zhao, H. Jia, D. Rai, P. Zhan, X. Jiang, X. Liu. *Med. Chem. Commun.*, 6, 521 (2015)
- [115] F. Zhang, G. Wang. *Eur. J. Med. Chem.*, 75, 267 (2014)
- [116] H. Jia, D. Rai, P. Zhan, X. Chen, X. Jiang, X. Liu. *Future Med. Chem.*, 7, 587 (2015)
- [117] G. Roman. *Eur. J. Med. Chem.*, 89, 743 (2015)
- [118] C. L. Ching-Lung Lai, E. Cane, Y.-F. Liaw, C.-W. Hsu, S. Thongsawat, Y. Wang, Y. Chen, E. J. Heatoote, J. Rasenack, N. Bzowej, N. V. Haounov, A. M. Di Bisceglie. *N. Eng. J. Med.*, 357, 2576 (2007)
- [119] G. S. Bissachi, S. T. Chao, C. Bachard, J. P. Daris, S. Innaimo, G. A. Jacobs, O. Kocy, P. Lapointe, A. Martel, Z. Merchant, W. A. Slusarchyk, J. E. Sundeen, M. G. Young, R. Colonno, R. Zahler. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 7, 127 (1997)
- [120] P. Honkoop, R. A. de Man. *Expert Opin. Investig. Drugs*, 12, 683 (2003)
- [121] Patent EP 1731506 (2006)
- [122] H. F. Chai, K. L. Zhang, W. N. Zhang, S. S. Zhang, J. X. Xu, P. Gong. *Chin. J. Med. Chem.*, 16, 264 (2006)
- [123] B. Perfetto, R. Filosa, V. De Gregorio, A. Peduto, A. La Gatta, P. de Caprariis, M. A. Tufano, G. J. Donnarumma. *Med. Microbiol.*, 63, 1474 (2014)
- [124] H. Xu, M. Lv. *Curr. Pharm. Des.*, 15, 2120 (2009)
- [125] A. K. Ghosh, H. L. Osswald, G. Prato. *J. Med. Chem.*, 59, 5172 (2016)
- [126] D. E. Koshland. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 44, 98 (1958)
- [127] E. Fischer. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 27, 2985 (1894)
- [128] N. A. Lozinskaya, M. S. Volkov, M. Y. Seliverstov, V. V. Temnov, S. E. Sosonyuk, M. V. Proskurnina, N. S. Zefirov. *Mendeleev Commun.*, 24, 260 (2014)
- [129] O. N. Zefirova. *Doctoral Theses on medicinal chemistry. Moscow State University, Moscow*, 2012
- [130] O. N. Zefirova, N. S. Zefirov. *Rus. J. Org. Chem.*, 36, 1231 (2000)
- [131] L. Morellato, M. Lefas-Le Gall, M. Langlois, D.-H. Caignard, P. Renard, P. Delagrang, M. Mathé-Allainmat. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 23, 430 (2013)
- [132] I. J. P. De Esch, R. C. Vollinga, K. Goubitz, H. Schenk, U. Appelberg, U. Hacksell, S. Lemstra, O. P. Zuiderveld, M. Hoffmann, R. Leurs, W. M. P. B. Menge, H. Timmerman. *J. Med. Chem.*, 42, 1115 (1999)
- [133] S. Yonezawa, T. Yamamoto, H. Yamakawa, C. Muto, M. Hosono, K. Hattori, K. Higashino, T. Yutsudo, H. Iwamoto, Y. Kondo, M. Sakagami, H. Togame, Y. Tanaka, T. Nakano, H. Takemoto, M. Arisawa, S. Shuto. *J. Med. Chem.*, 55, 8838 (2012)
- [134] F. Lovering, J. Bikker, C. Humblet. *J. Med. Chem.*, 52, 6752 (2009)
- [135] C. J. Moody, C. L. Norton, A. M. Z. Slawin, S. Taylor. *Anticancer Drug Des.*, 13, 611 (1998)
- [136] I. A. Leneva, I. N. Falynskova, E. I. Leonova, I. T. Fedyakina, N. R. Makhmudova, E. A. Osipova, L. N. Lepekha, N. A. Mikhailova, V. V. Zverev. *Antibiot. Khimioter.*, 59 (9-10), 17 (2014)
- [137] B. Das, S. Rudra, A. Yadav, A. Ray, A. V. S. R. Rao, A. S. S. V. Srinivas, A. Soni, S. Saini, S. Shukla, M. Pandya, P. Bhateja, S. Malhotra, T. Mathur, S. K. Arora, A. Rattan, A. Mehta. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 15, 4261 (2005)
- [138] K. S. Naruganahalli, R. K. Shirumalla, V. Bansal, J. B. Gupta, B. Das, A. Ray. *Eur. J. Pharmacol.*, 545, 167 (2006)
- [139] M. Yanez, J. F. Padin, J. A. Arranz-Tagarro, M. Camina, R. Laguna. *Curr. Top. Med. Chem.*, 12, 2275 (2012)
- [140] D. S. Yu, L. Huang, H. Liang, P. Gong. *Chin. Chem. Lett.*, 16 (7), 875 (2005)
- [141] X. Zhai, G. G. Zhang, D. H. Gou, J. P. Liu, P. Gong. *Yaoxue Xuebao*, 41 (10), 985 (2006)
- [142] M. R. Barbachyn, C. W. Ford. *Angew. Chem., Int. Ed.*, 42, 2010 (2003)
- [143] Patent RU 2426540 (2011)
- [144] P. Aparoy, G. K. Suresh, K. K. Reddy, P. Reddanna. *Bioorg. Med. Chem.*, 21, 456 (2011)
- [145] J. Zheng, G. Xiao, J. Guo, Y. Zheng, H. Gao, S. Zhao, K. Zhang, P. Sun. *Chem. Biol. Drug Des.*, 78, 314 (2011)

- [146] C. Pergola, O. Werz. *Expert Opin. Ther. Patents*, 20 (3), 355 (2010)
- [147] A. W. Ford-Hutchinson, M. Gresser, R. N. Young. *Annu. Rev. Biochem.*, 63, 383 (1994)
- [148] K. A. McGill, W. W. Busse. *Lancet*, 348, 519 (1996)
- [149] Patent US 4874759A (1989)
- [150] O. O. Ajani, D. V. Aderohunmu, C. O. Ikpo, A. E. Adedapo, I. O. Olanrewaju. *Arch. Pharm.*, 349, 475 (2016)
- [151] S. Rajasekhar, B. Maiti, M. M. Balamurali, K. Chanda. *Curr. Org. Synth.*, 14, 40 (2017)
- [152] R. S. Keri, A. Hiremathad, S. Budagumpi, B. M. Nagaraja. *Chem. Biol. Drug Des.*, 86, 19 (2015)
- [153] Y. Zhao, Y. Liu, D. Chen, Z. Wei, W. Liu, P. Gong. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 20, 7230 (2010)
- [154] D. Chen, X. Zhai, Q. H. Yuan, J. Luo, S. C. Xie, P. Gong. *Chin. Chem. Lett.*, 21, 1326 (2010)
- [155] Y. Luo, J.-P. Yao, L. Yang, C.-L. Feng, W. Tang, G.-F. Wang, J.-P. Zuo, W. Lu. *Bioorg. Med. Chem.*, 18, 5048 (2010)
- [156] D. Chen, Y. Liu, S. Zhang, D. Guo, C. Liu, S. Li, P. Gong. *Arch. Pharm.*, 344, 158 (2011)
- [157] Y. Liu, Y. Zhao, X. Zhai, X. Feng, J. Wang, P. Gong. *Bioorg. Med. Chem.*, 16, 6522 (2008)
- [158] J. T. Li, H. Y. Li, H. Z. Li, L. W. Xiao. *J. Chem. Res.*, 394 (2004)
- [159] C. Patteux, L. Foucoute, P. Bohn, G. Dupas, J. Leprince, M.-C. Tonon, B. Dehouck, F. Marsais, C. Papamichael, V. Levacher. *Org. Biomol. Chem.*, 4, 817 (2006)
- [160] Y. Liu, Y. Zhao, X. Zhai, X. Liu, L. Sun, Y. Ren, P. Gong. *Arch. Pharm.*, 341, 446 (2008)
- [161] W. Jia, Y. Zhao, R. Li, Y. Wu, Z. Li, P. Gong. *Arch. Pharm.*, 342, 507 (2009)
- [162] W. Jia, Y. Liu, W. Li, Y. Liu, D. Zhang, P. Zhang, P. Gong. *Bioorg. Med. Chem.*, 17, 4569 (2009)
- [163] Y. Liu, G. Feng, Z. Ma, C. Xu, Z. Guo, P. Gong, L. Xu. *Arch. Pharm.*, 348, 776 (2015)
- [164] M. Stahl, S. Baier. *Chem. Med. Chem.*, 10, 949 (2015)
- [165] Patent SU 530683
- [166] Patent SU 1708345A1